

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт з дисципліни
«Динаміка підйомно-транспортних, будівельних і дорожніх машин»

Розглянуто і схвалено
на засіданні кафедри підйомно-
транспортних машин
Протокол № 8 від 18 квітня 2019 р.

Краматорськ 2019

УДК 621.86

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Динаміка ПТБіМ» Укл.: М.Ю. Дорохов. – Краматорськ: ДДМА, 2019. - 40с.

Містять необхідні теоретичні положення, правила з техніки безпеки, перелік устаткування, контрольні питання, вимоги до оформлення звітів. Викладено основи методики дослідження динаміки елементів механізмів підйомно-транспортних машин за допомогою сучасних засобів.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри підйомно-транспортних машин
Протокол № 8 від 18 квітня 2019 р.

Електронне навчальне видання

Укладач: М.Ю. Дорохов, доцент

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Лабораторна робота 1. Дослідження методів динамічного погашення коливань металоконструкції мостового крана	5
Лабораторна робота 2. Вивчення процесів динамічних навантажень при роботі з піднімальними електромагнітами	12
Лабораторна робота 3. Тарування і вимір динамічних зусиль у тяговому органі кран-балки	24
Лабораторна робота 4. Визначення динамічних зусиль у тяговому канаті драглайна.....	31
Література.....	39

ВСТУП

Мета лабораторного практикуму - ознайомити студентів з основами методики дослідження динамічних навантажень, що виникають в елементах механізмів підйомно-транспортних машин за допомогою сучасних засобів.

У процесі виконання лабораторних робіт студенти закріплюють теоретичні знання й одержують навички самостійної роботи при рішенні конкретних технічних задач за допомогою сучасної вимірювальної техніки.

Перед виконанням роботи студенти ознайомлюються з Правилами техніки безпеки й одержують інструктаж.

До роботи в лабораторії допускаються особи, що пройшли інструктаж з техніки безпеки. У процесі виконання лабораторних робіт студенти зобов'язані дотримуватися наступних правил:

- не вмикати в електричну мережу прилади без дозволу викладача;
- не спиратися на вимірювальні прилади й устаткування;
- не допускати перетинання силових сполучних проводів;
- після проведення лабораторної роботи усю електроапаратуру знеструмити;
- під час лабораторної роботи не переходити з одного робочого місця на інше без дозволу викладача;
- про усі випадки виявлення несправності в приладах повідомляти викладачеві;
- утримувати робоче місце в чистоті й порядку;
- по закінченні лабораторної роботи прилади, проводи й ін. здати викладачеві або лаборантові.

Індивідуальний звіт повинний містити наступні складені елементи: найменування і мету роботи; основні теоретичні положення з необхідними схемами, рисунками і таблицями; порядок виконання роботи; результати роботи і висновки.

Графіки, схеми установок і сам звіт повинні відповідати вимогам ДСТУ, пропонованим до відповідних документів (до пояснювальних записок).

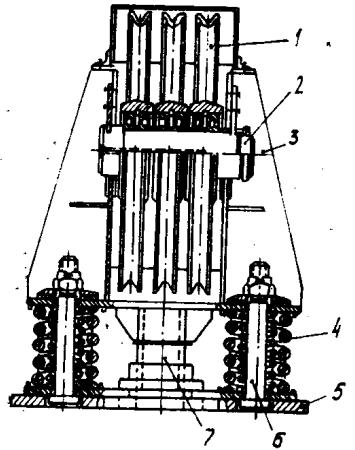
Лабораторна робота 1

Дослідження методів динамічного погашення коливань металоконструкції мостового крана

Мета роботи: вивчити види і методи динамічного гасіння коливань металоконструкції мостового крана; вивчити типові вимірювальні прилади, вживані для дослідження динамічних параметрів ПТМ. Вивчити основи побудови динамічних моделей механізмів ПТМ.

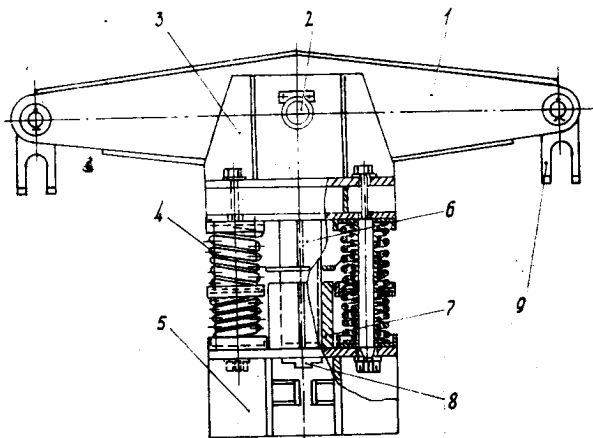
1.1 Загальні відомості

Методи динамічного гасіння коливань металоконструкцій мостових кранів. Ефективно зменшити рівень динамічних навантажень можна додатковим підпружинюванням верхніх блоків (рис. 1.1) або врівноваженням траверси (рис. 1.2).



1-блоки; 2-вісь; 3-корпус; 4-пружини; 5-металоконструкція;
6-болти; 7-напрямна

Рисунок 1.1 - Установлення верхніх блоків



1- траверса; 2 - вісь; 3 - корпус; 4 - пружини; 5 - металоконструкція;
6 - напрямна; 7 – штовхач розгальмовуючого приладу; 8 - провусини
Рисунок 1.2 - Підпружинена врівноважуюча траверса

Зменшення рівня динамічних навантажень ефективно, якщо жорсткість системи підвіски вантажу за рахунок пружин знижується приблизно в 2 рази.

Конструктивно можливо рішення задачі установкою на систему верхніх блоків гідравлічного гасителя коливань (рис. 1.3) [1], при цьому зрівняльний блок 1 закріплюється на важелі 3 і спирається на раму візка через дві пружини 2. На іншому кінці важеля закріплюється шток гідравлічного гасителя.

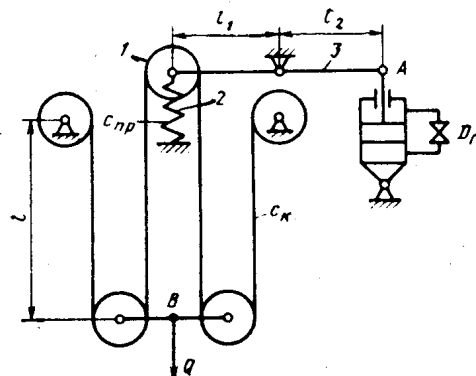


Рисунок 1.3 - Схема гідравлічного гасителя коливань

Слід зазначити, що наведений коефіцієнт демпфування такого пристрою збільшується при збільшенні передавального числа важеля 3, і зменшується за рахунок податливості канатів, з цієї причини, зокрема, важко досягається ефективність гасіння коливань металоконструкції крана.

Для поглинання енергії пружних коливань гасителі коливань можливо встановлювати і в системі підвіски вантажу (рис. 1.4) [2].

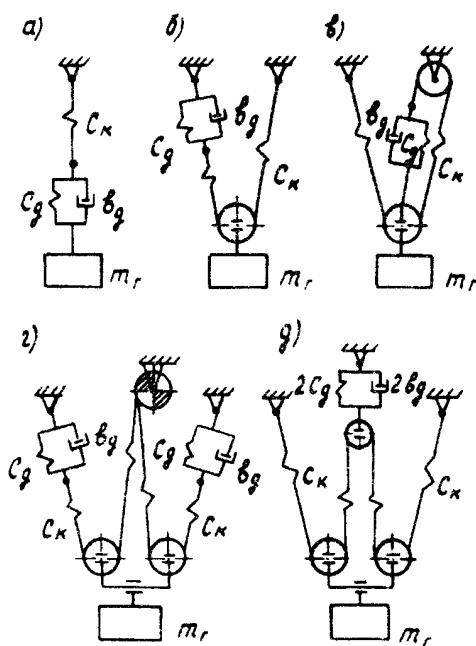


Рисунок 1.4 - Схеми включення віброзахисних пристроїв в систему підвіски вантажу

Проте на практиці майже завжди для досягнення достатнього ступеня ефективності гіродемпферів потрібне управління їх параметрами, що дозволило б формувати відповідні характеристики для забезпечення оптимізації демпфування.

У деяких випадках одним з достатньо ефективних способів зменшення динамічних навантажень є застосування керованих пристроїв - динамічних гасителів коливань (далі - ДГК) (рис. 1.5) [2].

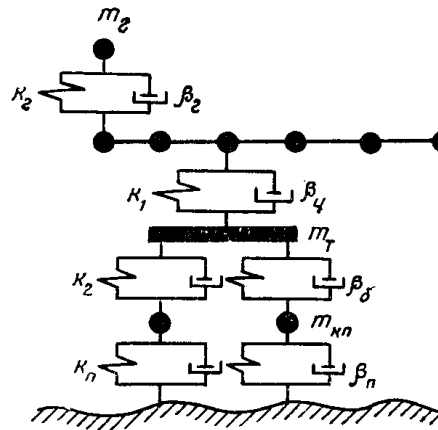


Рисунок 1.5 - Розрахункова схема динамічного гасителя коливань металоконструкції

Принцип дії ДГК заснований на тому, що на власні коливання металоконструкції масою накладаються в протифазі вимушені коливання додаткового приводного пристрою з ексцентричною зосередженою масою, що приєднується до основної конструкції через пружину жорсткістю і демпфуючий пристрій з коефіцієнтом демпфування. На рис. 1.6 наведена залежність відносних показників плавності ходу від швидкості для різних варіантів установа ДГК на металоконструкцію залізничного вагону.

При цьому суцільні лінії показують результати експерименту без установа ДГК, штрихові - при включенні ДГК. Очевидно, що найефективніше застосування ДГК при вертикальних навантаженнях на металоконструкцію.

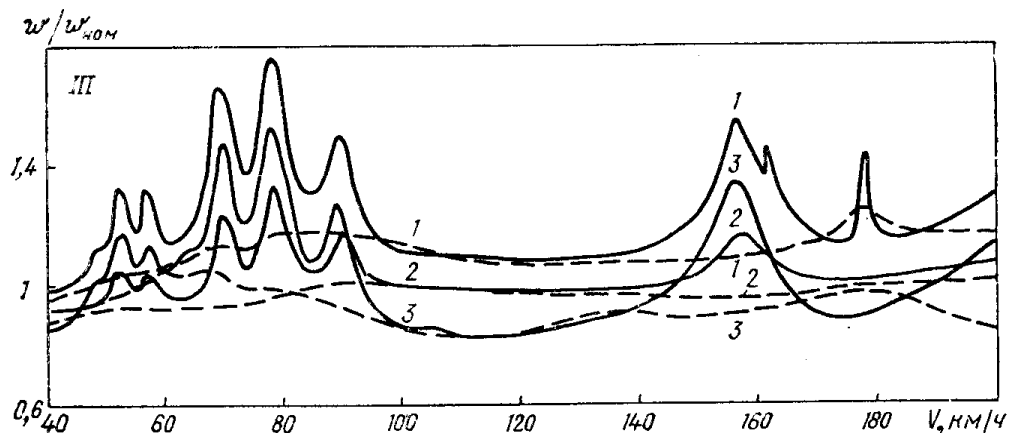


Рисунок 1.6 - Залежність відносних показників плавності ходу від швидкості для різних варіантів установа ДГК

Методи визначення навантажень в металоконструкціях кранів, що виникають в процесі роботи механізму підйому вантажу

Як відомо, одним з несприятливих режимів роботи механізмів підйому є режими підйому вантажу, лежачого на підставі [2].

Процес підйому вантажу з підстави складається з трьох етапів: вибору надмірної довжини канатів поліспасти і зазорів в кінематичних парах механізму підйому; натягнення канатів поліспасти, прогинання моста, деформації пружних елементів механізму до моменту, коли навантаження на міст стане рівним вазі вантажу; відриву від підстави і коливального руху моста з вантажем.

Амплітуда деформації моста крана у момент відриву вантажу від підстави і частота його коливань залежить від швидкості підйому вантажу і співвідношення жорсткостей моста крана і канатів поліспасти. Зменшення амплітуди і частоти коливань можливо зменшенням швидкості підйому і жорсткості канатів, або збільшенням жорсткості моста, проте це може негативно відбитися на швидкісних характеристиках, габариті і масі крана. З іншого боку, некеровані поперечні коливання вантажу являють певну небезпеку для обслуговуючого персоналу, відбиваються на терміні служби крана, і заважають нормальному проведенню навантажувально-розвантажувальних робіт.

Рівень навантажень може бути оцінений коефіцієнтом динамічності [1] як відношення максимального переміщення точки на металоконструкції до статичного при однаковій масі вантажу (рис.1.7)

$$k_d = \frac{y_{max}}{y_{ст}} = 1 + \frac{T}{\pi\tau} \cdot \left| \sin \frac{\pi\tau}{T} \right|, \quad (1.1)$$

де T - час наростання навантаження;

τ - період власних коливань вантажу.

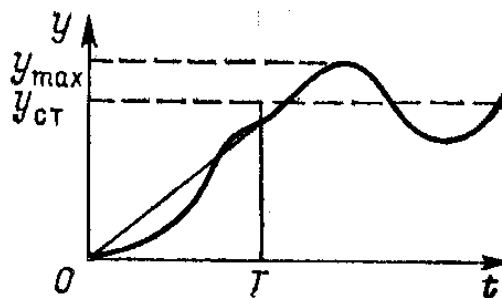


Рисунок 1.7 - Графік залежності переміщення точки на металоконструкції від часу при силовій дії

Для практичного застосування рекомендується брати $T > 0,5\tau$ [1].

Із збільшенням прольоту динамічні навантаження підвищуються [1] у зв'язку із збільшенням наведеної маси металоконструкції і швидкості наростання навантажень до моменту відриву вантажу від основи.

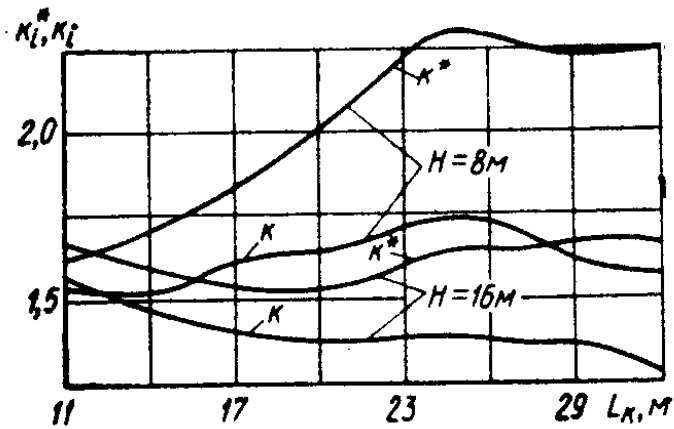


Рисунок 1.8 - Графіки залежності коефіцієнтів динамічності для канатів k та металоконструкції k^* від прольоту L та висоти підйому вантажу H

Встановлено [2], що рівень максимальних динамічних навантажень, що діють на металоконструкцію кранів, особливо з великим прольотом і малою висотою підйому, достатньо великий, тому для таких кранів особливо актуально вживання конструктивних заходів, направлених на їх зниження.

1.2 Лабораторне обладнання

Лабораторне устаткування включає набір різних приладів і датчиків, використовуваних для реєстрації різних параметрів ПТМ.

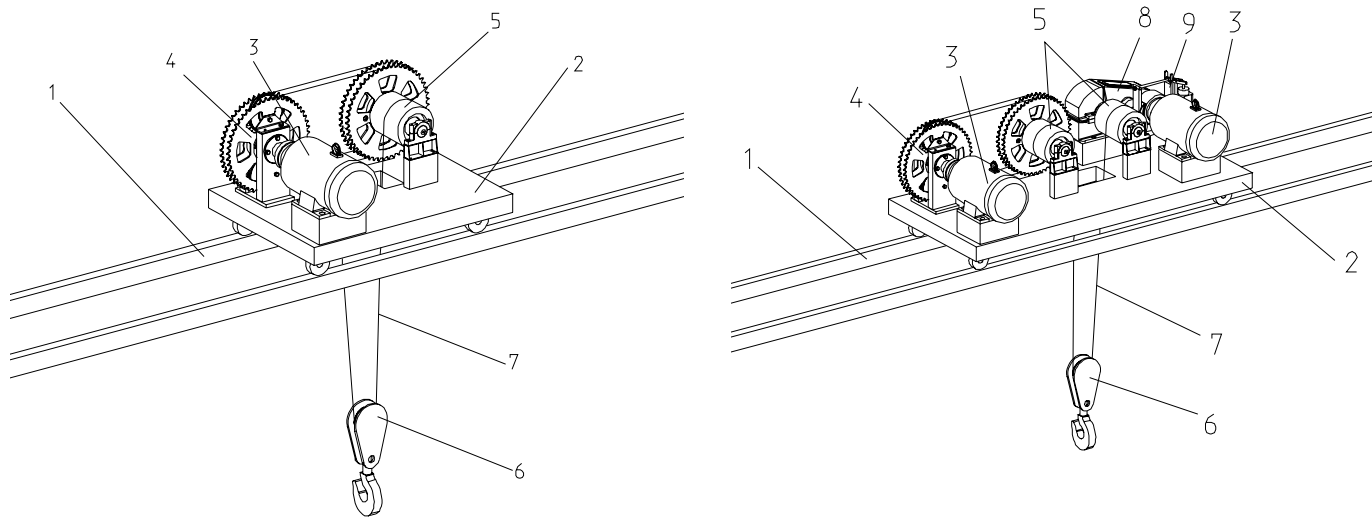
1) Тензометричні прилади і підсилювачі:

- багатоканальні підсилювачі постійного струму;
- підсилювачі для тензометричних вимірювань;
- міст цифровий тензометричний;

2) реєструючі прилади:

- магнітоелектричні осцилографи;
- осцилограф;
- самописні прилади.

3) На рисунку 9 наведений загальний вид експериментальної установки механізму підйому: а - на основі хвильової ланцюгової передачі; б - комбінований механізм підйому (з двома приводами - ланцюговим хвильовим і традиційним).



а

б

а - на основі хвильової ланцюгової передачі; б - комбінований механізм підйому: 1 - металоконструкція; 2 - візок; 3 - електродвигуни; 4 - ланцюговий хвильовий редуктор; 5 - барабани; 6 - підвіска; 7 - канат; 8 - редуктор циліндровий; 9 – гальмо

Рисунок 1.9 - Зовнішній вигляд механізму підйому вантажу

1.3 Порядок проведення роботи

Дослідження навантаження проводиться тензометричним способом. Наклейка тензодавачів показана на рис. 1.10. Вимірювальна блок-схема наведена на рис. 1.11.

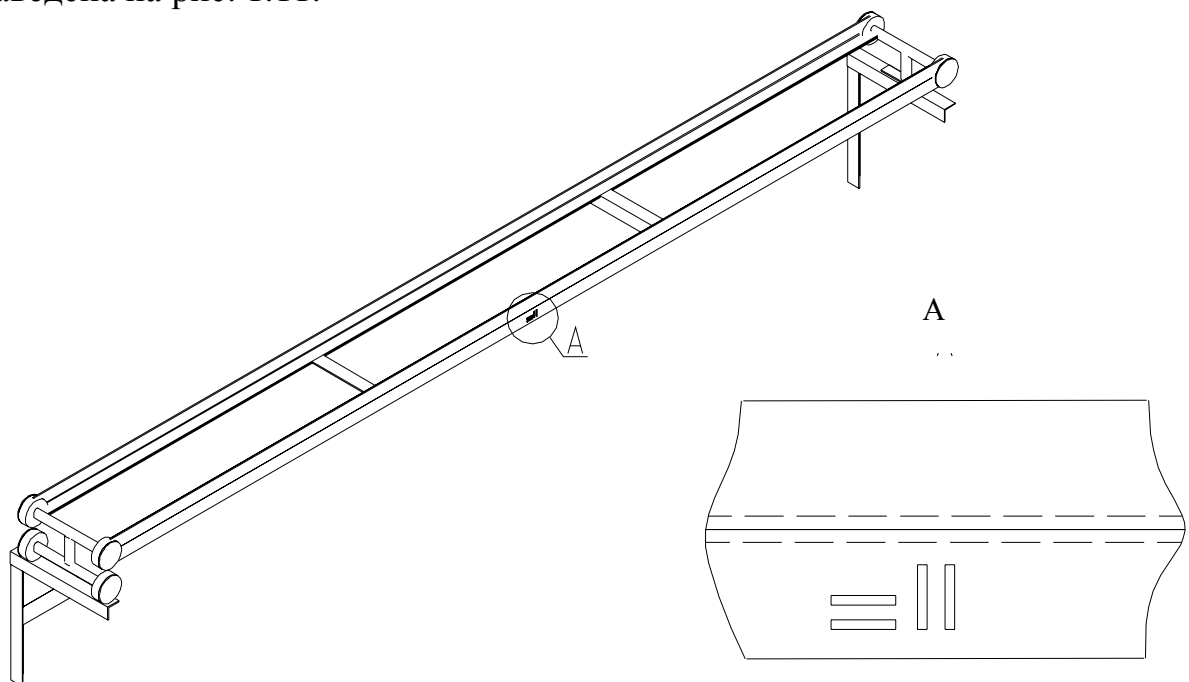


Рисунок. 1.10 – Загальний вигляд металоконструкції експериментальної установки і схема наклейки тензодавачів

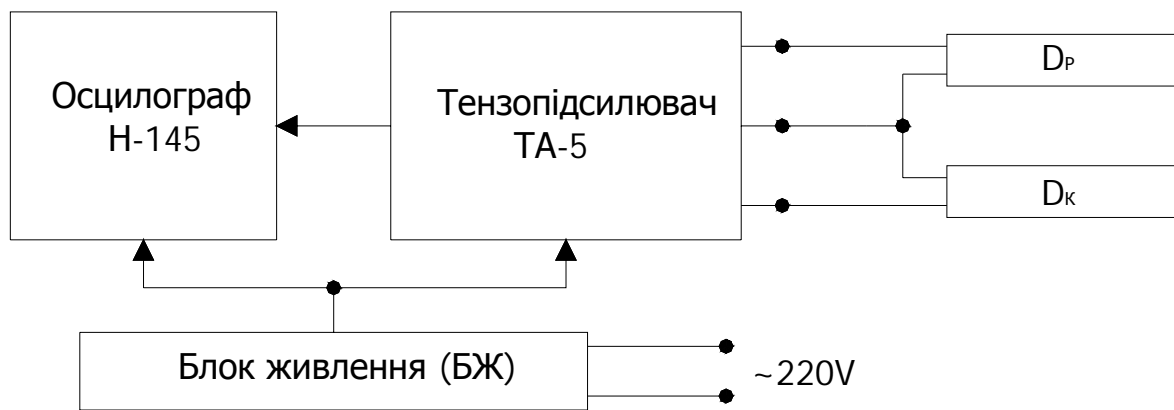


Рисунок. 1.11 – Вимірювальна блок-схема

- 1) Ознайомитися з видами і методами динамічного гасіння коливань металоконструкції мостового крана
- 2) Вивчити принцип роботи одного з представлених типів осцилографів.
- 3) Вивчити вимірювальну інформаційну систему для дослідження динамічних навантажень в деталях ПТМ.
- 4) Зміряти жорсткість металоконструкції і канатів моделі мостового крана.
- 5) Обчислити коефіцієнт тарировки і побудувати графік тарування тензоелемента.
- 6) Записати осцилограми зміни динамічних навантажень різних конструкцій механізму підйому мостового крана (класичний підйом, підйом з ДГК).

1.4 Зміст звіту

- 1) Основні теоретичні відомості про методи динамічного гасіння коливань металоконструкції мостового крана.
- 2) Динамічна модель механізму підйому мостового крана з ДГК.
- 3) Розрахунки з виконання експериментальних досліджень: жорсткості металоконструкції і канатів моделі мостового крана з ДГК; коефіцієнта парирування.
- 4) Графік тарування тензоелемента.
- 5) Осцилограми вимірювання динамічних навантажень різних конструкцій механізму підйому мостового крана (класичний підйом, підйом з ДГК).
- 6) Висновки з роботи.

1.5 Питання для контролю

- 1) Методи динамічного гасіння коливань.
- 2) Як оцінюється рівень навантажень в металоконструкціях мостових кранів?

- 3) Принцип роботи механізму підйому з хвильовим ланцюговим редуктором.
- 4) Як проводяться дослідження жорсткості металоконструкції і канатів мостового крана?
- 5) Чи відрізняються осцилограми зміни динамічних навантажень різних конструкцій механізму підйому мостового крана (класичний підйом, підйом з ДГК)?

Лабораторна робота 2

Вивчення процесів динамічних навантажень при роботі з підйомними електромагнітами

Мета роботи: вивчення конструкції магнітної лебідки і особливостей її динамічного навантаження.

2.1 Загальні відомості

Підйомні електромагніти (далі - магніти) застосовуються для захоплення, підйому, спуску і транспортування різних феромагнітних матеріалів, в основному, сталевих і чавунних виробів [3].

Магніти поділяються на два типу: круглі типу М і прямокутні ПМ.

Круглі магніти (типів М-22В, М-23А, М-42В, М-43А, М-62В, М-63А і ін.) призначені для перевантаження сталевих і чавунних виробів відносно невеликих розмірів або що мають невизначену форму: плити, болванки, скрап, чавунні чушки, стружка, пакети і рулони, листовая сталь і т.д. Вони застосовуються також на копрових ділянках для підйому куль, які використовуються для дроблення крупного чавунного лому.

Прямокутні магніти (типів ПМ-15Б, ПМ-16А, ПМ-25Б, ПМ-36А і ін.) призначені для перевантаження довгомірних виробів, в основному прокату: сталеві листи, рейки, балки, швелери, труби, сляби і т.д.

Підйомні магніти встановлюються на наступних типах кранів: мостових магнітних, мостових магнітно-грейферах і мультимігнітних, кранах для роздягання злитків, пратцен-кранах, козлових, порталних, залізничних та ін. Крім підйомно-транспортних операцій магніти виконують деякі спеціальні операції, наприклад, кантування слябів і листів. Управляє магнітом кранівник з кабіни крана.

Переваги магнітів полягають в наступному:

1 Дистанційність управління, що дозволяє проводити захоплення вантажу без безпосередньої участі робочого.

2 Здатність магніту працювати з вантажами, температура яких досягає 500...600⁰С.

3 Зручність роботи з вантажами невизначеної форми, закріплення яких при інших способах перевантаження викликає серйозні труднощі і призводить до великої втрати часу.

4 Простота і швидкість захоплення і звільнення вантажу без безпосередньої участі робочого.

5 Можливість регулювання вантажопідйомності (у певних межах) шляхом зміни величини струму електромагніту, що важливе, наприклад, для металургійних підприємств при підготовці шихти різного складу і при операціях з різними видами сталевого прокату.

До недоліків магнітів слід віднести:

1 Для більшості вантажів корисна вантажопідйомність магнітної підйомної лебідки значно менша за її номінальну вантажопідйомність.

2 Падіння вантажу при раптовому відключенні струму.

Магніти типів М і ПМ виконуються нормального, експортного і тропічного виконання [3].

Постійний струм, що живить котушку магніту, створює могутнє магнітне поле, яке забезпечує тяжіння матеріалів, що намагнічуються.

Вантажопідйомність магніту, як електромагнітна сила, визначається за формулою Максвела [3]

$$F = \frac{10^{13} \cdot \Phi^2}{25 \cdot S}, \quad (2.1)$$

де F - підйомна сила електромагніту, H ;

Φ - магнітний потік, $Вб$;

S - площа зіткнення вантажу з полюсами магніту, $м^2$.

Максимальну вантажопідйомність магніту призначають, виходячи з формули (2.1).

Підйомна сила магніту різна для різних вантажів і залежить від ряду чинників, що визначають величину сили котушки і магнітної проникності (провідність) ділянок магнітопроводу, що намагнічує.

До таких чинників належать:

1 Хімічний склад матеріалу вантажу, що піднімається, - із збільшенням процентного змісту вуглецю і домішок (сіри, марганцю, фосфору, нікелю) зменшуються магнітна проникність і величина підйомної сили.

2 Температура котушки - при нагріві котушки збільшується її опір, що призводить до зменшення величини струму, і отже, намагнічує сили, внаслідок чого відбувається зниження потоку і величини підйомної сили магніту; тому вантажопідйомність магніту в нагрітому стані менша, ніж в холодному; гранична температура нагріву котушок - 120...130°C.

3 Температура вантажу, що піднімається, - в діапазоні температур від 200 до 720°C магнітна проникність знижується до нуля, що зменшує до нуля і підйомну силу магніту; крім того, тривала дія високої температури вантажу додатково нагріває котушку, збільшуючи її опір, що також знижує підйомну

силу магніту; на практиці у вказаному інтервалі температур застосовують спеціальні магніти.

4 Форма, розміри і укладання вантажу, що піднімається, - залежно від цих чинників вантажопідйомність змінюється в десятки разів; вона тим більше, чим більше перетин вантажу, що піднімається, і менше повітряні проміжки між окремими його частинами, а також між вантажем і полюсами магніту; тому, чим щільно укладений вантаж, тим більше підйомна сила магніту; наприклад, якщо вантажопідйомність магніту при підйомі суцільної плити взяти за 100%, то при підйомі стружки вантажопідйомність складає 1,5...2%; для деяких вантажів вантажопідйомність магнітів наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Вантажопідйомність магнітів

Тип магніту	Вантажопідйомність при номінальній напрузі та холодному вантажі, кг					Маса магніту, кг
	Болванка або плита	Чавун в чушках	Скрап сталевий	Бойна куля	Стружка сталева	
М – 22В	6000	200	200	-	80	550
М – 43А	20000	640	640	-	220	1640
М – 63А	25000	1950	1950	-	670	4300
М – 40Б	-	-	-	10000	-	1600
ПМ – 15Б	9000	-	-	-	-	1500
ПМ – 26А	18000	-	-	-	-	2690

Котушка магніту розрахована на напругу 220В постійного струму. Більшість кранів, забезпечених підйомними магнітами, працюють на змінному струмі. У зв'язку з цим для живлення магнітів постійного струму використовується двигун-генераторна установка. Вона складається з шунтового генератора постійного струму, асинхронного електродвигуна трифазного струму, регулятора збудження генератора, магнітного пускача (для пуску асинхронного електродвигуна).

Для перетворення змінного струму в постійний можна також використовувати випрямлячі, які не знайшли поки широкого застосування для живлення магнітів із-за великих розмірів і поганих енергетичних характеристик.

Підйомні магніти працюють в повторно-короткочасному режимі і розраховані на ПВ50% при тривалості циклу не більше 10 хв. Допускається їх робота при ПВ>50%, а також з вантажами, що мають температуру до 500°С, за умови відповідного зниження величини живильної напруги на котушці магніту щоб уникнути перегріву її і зниження вантажопідйомної сили магніту.

При ПВ>50% напруга на котушці буде рівна

$$U_{сн} = U_n \sqrt{\frac{ПВ_n}{ПВ_\phi}}, \quad (2.1)$$

де $U_{сн}$ і U_n - відповідно понижена і номінальна напруга котушки;
 $PВ_{ф}$ і $PВ_n$ - відповідно фактичне і номінальне значення відносної тривалості включення.

Зниження напруги проводиться включенням послідовно з котушкою магніту додаткового опору.

Технічними параметрами магніту є: вантажопідйомність Q , потужність P , напруга U , величина струму I , допустима температура нагріву котушки T , маса магніту. Для деяких типів магнітів технічні параметри наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики магнітів

Параметри	Тип магніту			
	М – 22	М – 82	ПМ – 15	ПМ – 25
Q_m^{\max} , Т	7	45	7	14
P_m , кВт	2,8	15,4	2,3	4,4
I , А	15,8	-	15,7	38
m_m , кг	700	9800	-	-
Габаритні розміри, мм	Ø 800	Ø 2000	475 × 1100	730 × 1700

Магніт підвішують до крюка крана або до вантажної траверсі за допомогою ланцюгів. Подача струму до контактної коробки магніту проводиться за допомогою гнучкого кабелю, який намотується на кабельний барабан підйомної магнітної лебідки. Управління магнітом здійснюється за допомогою магнітних контролерів типу ПМС-50, ПМС-150, ПМС-80 [93].

Схема магнітної лебідки показана на рис. 2.1. Кабельний барабан 7 одержує обертання від канатного барабана 8 через ланцюгову передачу 2. При цьому зірочка 11 жорстко встановлена на осі барабана 8, а зірочка 3 з фрикційною муфтою 4 і пов'язаною з нею однією напівмуфтою кулачкової муфти 5 вільно встановлена на валу кабельного барабана. Друга напівмуфта муфти 5 може переміщатися на валу по шліцах або за напрямною шпонкою. Призначення кулачкової муфти - включення і виключення кабельного барабана, причому, ця операція виконується вручну. Фрикційна муфта 4 призначена для захисту електрокабеля від неприпустимих перевантажень. Кільцевий струмоприймач 6, встановлений на валу кабельного барабана, через контактні кільця подає електроенергію на кабель магніту.

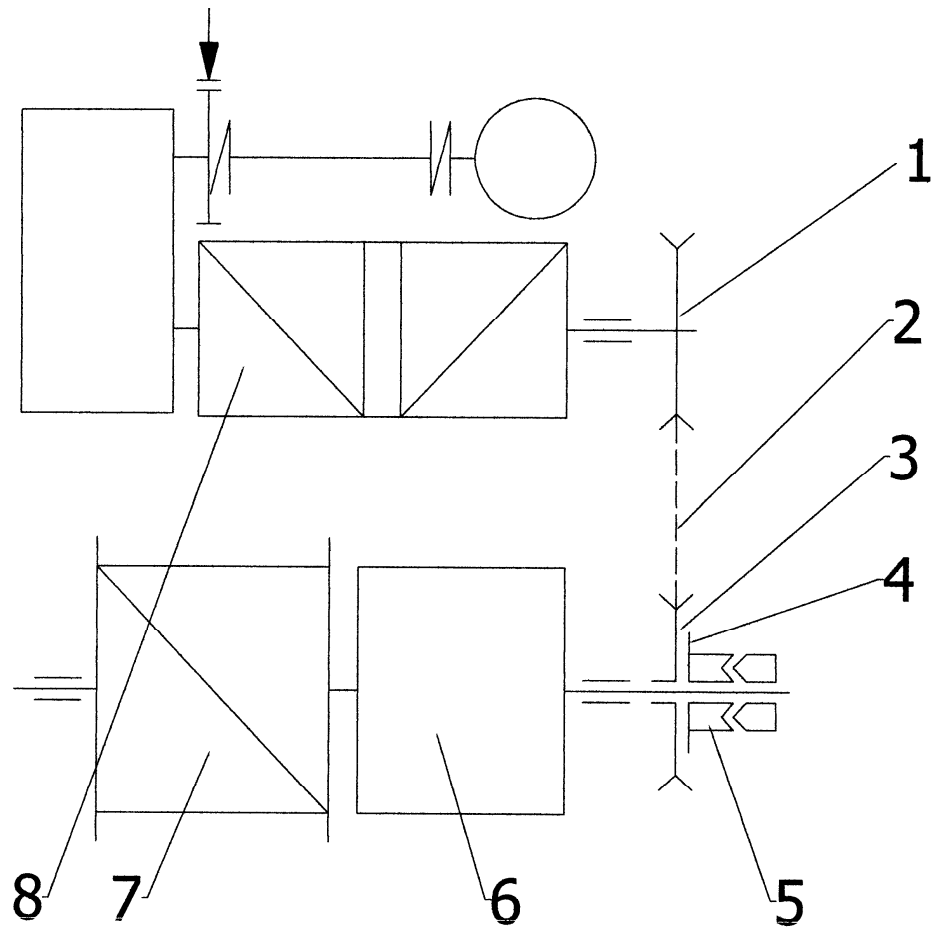


Рисунок 2.1 - Схема магнітної лебідки

При перевантаженні одним магнітом декількох видів вантажу необхідно дотримувати умову

$$Q \geq m_m + Q_m, \quad (2.3)$$

де Q - номінальна вантажопідйомність крана;

Q_m - вантажопідйомність магніту, різна для різних вантажів.

Особливістю навантаження магнітних підйомних лебідок є підвищення динамічних навантажень при відриві магніту з вантажем від металевої підстави.

Максимальне навантаження в канатах при відриві

$$F_{max} = (Q_m + m_m) \cdot g + F_{дин} + F_{отр}, \quad (2.4)$$

де $F_{дин}$ - динамічне навантаження, залежне від інерційності і пружних властивостей динамічної системи магнітної лебідки;

$F_{отр}$ - навантаження унаслідок примагнічування.

Подамо вираз (2.4) у вигляді

$$F_{max} = K_{дин} \cdot (Q_m + m_m) \cdot g, \quad (2.5)$$

де $K_{дин}$ - узагальнений коефіцієнт динамічності.

Дослідження показує [3], що величина $K_{дин}$, досягає значень 1,8...2,0, тоді як при підйомі вантажу магнітом з немагнітної підстави (за відсутності штабелю вантажу) значення $K_{дин} = 1,1...1,3$.

Методи зменшення $F_{отр}$ поки досліджені недостатньо. Були проведені дослідження з метою зменшення величини $K_{дин}$ [3].

Вельми ефективним виявилось включення до системи механізму підйому спеціальних пружинно-гідравлічних демпферів, які забезпечують зниження пікових навантажень в початковий момент відриву, вантажу і швидке загасання коливань.

2.2 Лабораторне обладнання

Схема лабораторної установки зображена на рисунку 2.2.

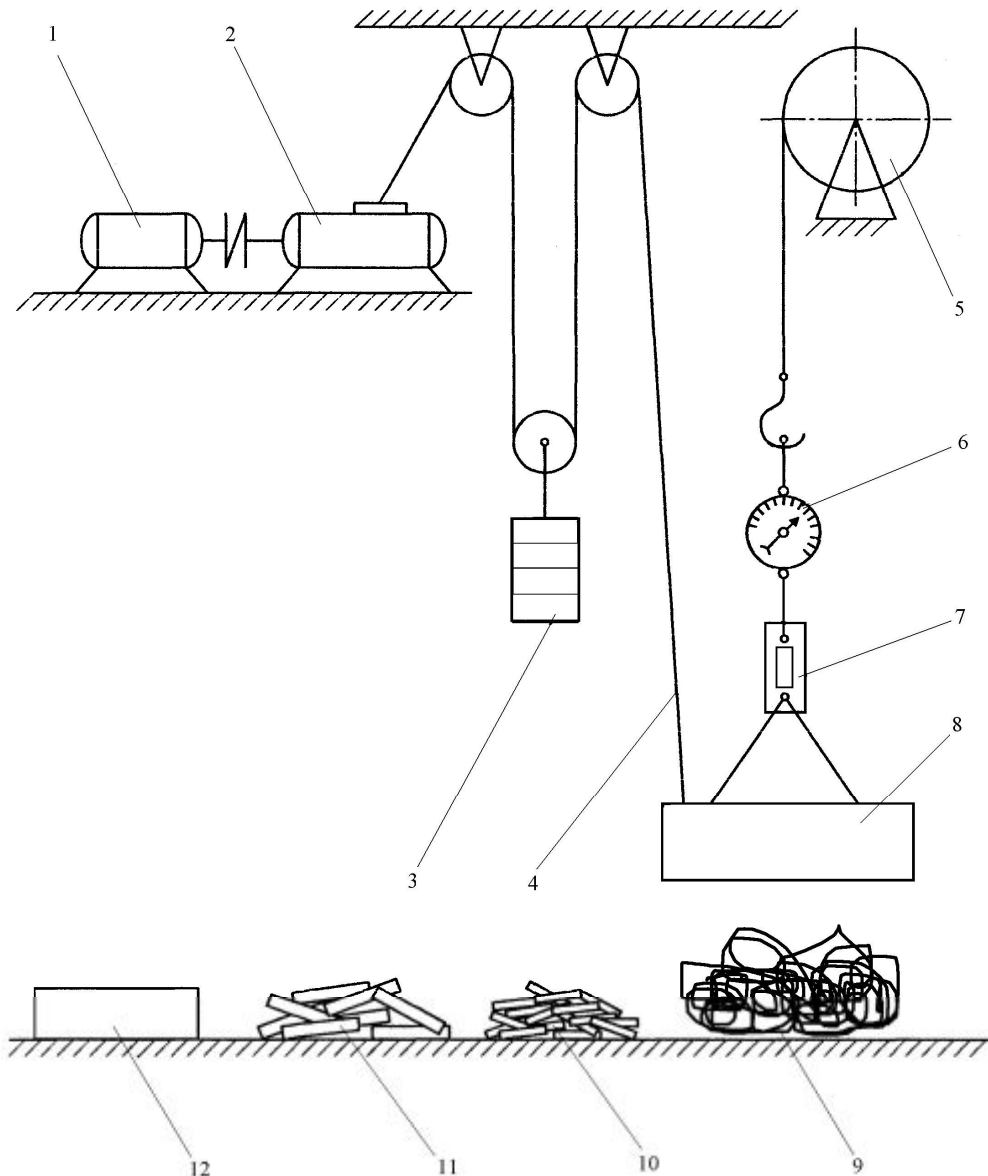


Рисунок 2.2 - Схема лабораторної установки

Устаткування включає (рис.2.2) підйомну лебідку 5, встановлену на кран-балці, і магніт 8, який через тензометричну ланку 7 і динамометр 6, підвішений на крюк лебідки. Живлення до магніту подається через кабель 4 від генератора постійного струму 2, що обертається за допомогою двигуна змінного струму 1. Кабель при переміщенні магніту вибирають за допомогою системи блоків і противаги 3. Динамометр 6 реєструє статичне навантаження на канатах лебідки. На тензометричній ланці 7 наклеюються тензодавачі, які включаються у вимірювальну схему реєстрації навантажень в канатах за допомогою осцилографа. Як вантаж використовують стружку 9, сталевий брухт 10 і чавунні чушки 11. Для дослідження впливу примагнічування на величину навантажень в канатах використовується металева підстава 12, що являє собою важку плиту або щільно підігнані і жорстко пов'язані з фундаментом довгомірні вироби (блюми, сталь квадратного перетину та ін.).

2.3 Порядок проведення роботи

1 Ознайомитися з устаткуванням лабораторної установки і тензометричним устаткуванням (тензометрична ланка, схема з'єднання робочих і компенсаційних датчиків опору, підсилювач, осцилограф). Необхідно при цьому зареєструвати технічні дані магніту, підйомної лебідки, мотор-генераторної системи, тензометричного устаткування. Максимальна вантажопідйомність магніту Q визначається за каталогом.

2 Ознайомитися з правилами техніки безпеки при виконанні роботи. Основні правила полягають в наступному:

2.1 У зоні роботи магніту ніхто не повинен знаходитися.

2.2 Забороняється підводити включений магніт до вантажу як зверху, так і збоку.

2.3 Огляди, ремонти і т.д. допустимі тільки при відключеному магніті.

2.4 Необхідно пам'ятати, що при включеному магніті без вантажу магнітне поле сильніше, ніж у магніту з вантажем; це небезпечно, оскільки металеві предмети (інструмент, деталі і т.д.) можуть бути вирвані з рук людини.

3 Визначити коефіцієнт використання вантажопідйомності магніту при перевантаженні різних вантажів.

Проводиться кілька разів захоплення вантажу різних видів. З цією метою включений магніт наводиться на вантаж і опускається на нього. Опустити потрібно в центрі штабелю (купи). Потім магніт включають. Для наростання магнітного потоку до номінального значення дається витримка часу. Для магнітів час наростання потоку складає $2,5...4с$ [11]. Після цього магніт з вантажем піднімається на висоту $0,5-1,5м$ (важкі вантажі піднімаються на невелику висоту). За динамометром реєструють масу піднятого вантажу Q , а при відомій масі магніту розраховують вантажопідйомність магніту Q_m

$$Q_m = Q - m_m,$$

Потім магніт з вантажем опускають на штабель і магніт вимикають. Захоплення вантажу одного виду повторюють 3 рази. Аналогічні операції виконуються з іншими вантажами. Результати дослідів заносяться до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Результати експериментів

Вид вантажу	Номер досліду	Значення параметрів			
		Q , кг	Q_m , кг	Q_m^{cp} , кг	K_m
	1				
	2				
	3				

Коефіцієнт використання вантажопідйомності магніту обчислюються за формулою

$$K_m = \frac{Q_m^{cp}}{Q_m^{max}}, \quad (2.6)$$

де Q_{cp} - середнє значення Q_m для вантажу одного виду, одержане з трьох дослідів.

4 Визначити динамічні навантаження в канатах лебідки при відриві магніту з вантажем.

Робота проводиться з одним видом вантажу. Для отримання стабільних результатів експерименту краще всього в якості купа використовувати одиничний вантаж (плита, товстий лист металу, блюми і т.д.).

Послідовність виконання роботи:

а) проводиться настройка тензOMETричної системи і записується на осцилограф навантаження в канатах під дією власної ваги магніту (фактично, реєструється на осцилограмі маса магніту).

Для цього вимкнений магніт опускається на штабель і при ослаблених канатах протягом 3...5с записується на осцилографічний папір сигнал (нульова лінія осцилограми); потім вимкнений магніт піднімають на деяку висоту і за відсутності коливань магніту також записують сигнал, відповідний масі магніту; надалі ці записи використовуються для визначення тарировочного коефіцієнта навантаження, точніше, коефіцієнта маси;

б) знімається динамометр при опущеному вимкненому магніті;

в) проводиться три рази захоплення і підйом вантажу при ослаблених підйомних канатах (підйом з підхопленням); на осцилографічний папір досить реєструвати тільки процес відриву магніту з вантажем;

г) за допомогою магніту переміщують вантаж на металеву підставу 12 (див. рис. 2.2);

д) проводиться захоплення і підйом вантажу за умов, обумовлених в пункті в.

5 Проявити осцилографічний папір.

6 За експериментальними даними визначити:

6.1 Тарировочні коефіцієнти навантаження (коефіцієнти маси).

6.2 Динамічні коефіцієнти.

З цією метою з осцилограми згідно з пунктом 4,а спочатку визначити тарировочний коефіцієнт (рис.2.3,а) у кілограмах на міліметр:

$$K_t = \frac{m_m}{h_{cm}}, \quad (2.7)$$

де h_{cm} – навантаження канатів на осцилограмі, відповідне m_m , мм.

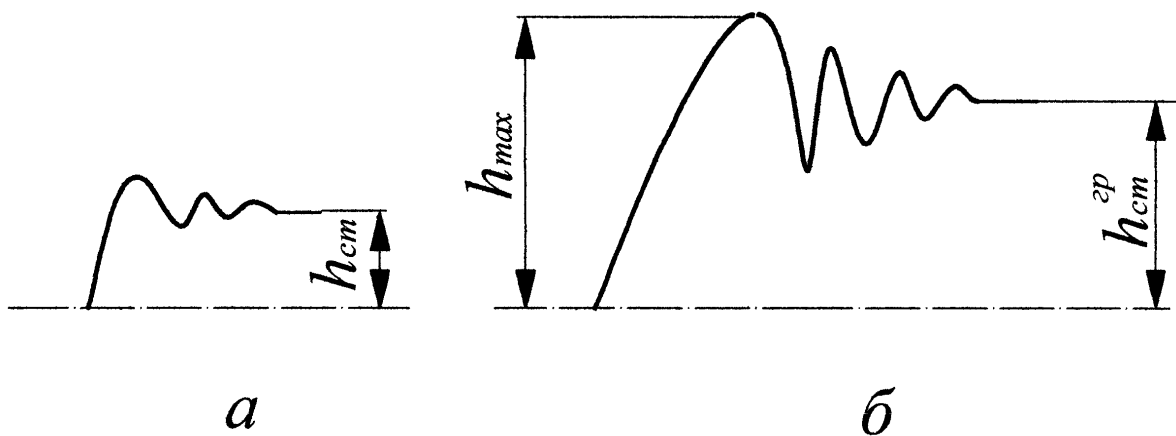


Рисунок 2.3 - Осцилограми навантаження канатів при підйомі вимкненого магніту (а) і при підйомі магніту з вантажем при ослаблених канатах (б)

Потім з осцилограм відповідно до пунктів 4в і 4д визначається максимальне навантаження в період відриву магніту (рис.2.3, б)

$$F_{max} = K_t \cdot h_{max}^{cp}, \quad (2.8)$$

де h - середнє значення максимального навантаження на осцилограмі (див. рис. 2.3, б).

Результати експериментів заносяться до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Експериментальні і розрахункові значення параметрів

Вид підстави	Номер досліджу	Значення навантажень на осцилограмі, мм				Коефіцієнт динаміки $K_{дин}$
		h_{max}	h_{max}^{cp}	$h_{ст}$	$h_{ст}^{cp}$	
Неметалева	1					
	2					
	3					
Металева	1					
	2					
	3					

Динамічний коефіцієнт при підйомі вантажу з підхопленням визначається за формулою:

$$K_{дин} = \frac{h_{max}^{cp}}{h_{ст}^{cp}}. \quad (2.9)$$

2.3 Зміст звіту

- 1 Мета роботи.
- 2 Технічні дані магніту, підйомної лебідки і мотор - генераторної системи.
- 3 Результати експериментів у табличній формі (таблиці 2.3 і 2.4).
- 4 Осцилограми (рис.2.3, а, б).
- 5 Розрахунок тарировочного коефіцієнта та динамічного коефіцієнту за формулами (2.7; 2.9).
- 6 Висновки про вплив металевої підстави на величину динамічних навантажень.

2.4 Питання для контролю

- 1 Як оцінити динамічні навантаження при роботі електромагніту?
- 2 Яким чином можна підвищити вантажопідйомність магніту при перевантаженні сталевій стружки?
- 3 Як визначити коефіцієнт тарування чутливого елемента, від чого залежить ця величина?
- 3 Яким чином можна визначити коефіцієнт динаміки при підйомі вантажу: з підхопленням, з металевої основи, з полу?
- 4 Яким чином впливає підстава на величини динамічних навантажень при роботі з підйомними електромагнітами?
- 5 Про що свідчать осцилограми та результати проведеного експерименту?

Лабораторна робота 3

Тарування і вимір динамічних зусиль у тяговому органі кран-балки (4 години)

Мета роботи: вивчити основні методи тарування чуттєвого елемента (пластини) для виміру зусиль у тяговому органі кран-балки; вимірити зусилля в тяговому органі кран-балки з наступною реєстрацією їх на осцилографі.

3.1 Загальні відомості

В умовах постійних і перемінних деформацій у чуттєвому елементі та тензодавачі можуть відбуватися структурні зміни, що призводять до зміни їх електричних і механічних властивостей, тобто вимірювальних характеристик. Так як характеристики тензодавачів не стабільні в часі, це призводить до збільшення погрішності виміру, варто попередньо вивчити їхню роботу в даних умовах і визначити деякі додаткові параметри: чутливість, повзучість і гістерезис. Ці параметри визначаються за методикою, викладеною в ДСТ 21615-76 «Тензорезистори. Методи изучения характеристик».

Чутливістю тензодавача до деформації називається відношення відносного збільшення опору тензодавача $(\Delta R/R)_\varepsilon$, наклеєного на рівномірно розтягнуту або стиснуту поверхню, до викликаючої це збільшення лінійної деформації (ε) поверхні в напрямку осі тензодавача [4, 5].

$$S_i = \frac{\left(\frac{\Delta R}{R}\right)_\varepsilon}{\varepsilon}. \quad (3.1)$$

Визначення чутливості, а надалі й тарування тензодавача може здійснюватися на спеціальних балках, деформацію яких при визначених навантаженнях обчислюють за прогином. Рекомендується застосовувати установку з балкою постійного перетину, що навантажується чистим вигином. У цьому випадку деформацію тензодавача $\varepsilon = \left(\frac{\Delta l}{l}\right)$, установленого на поверхні балки, обчислюють за формулами:

– при установці прогиноміра (індикатора) на увігнутій стороні балки

$$\varepsilon = \frac{4(h + 2\Delta h)}{L^2 + 4f^2 + 4fh}; \quad (3.2)$$

– при установці прогиноміра на опуклій стороні балки

$$\varepsilon = \frac{4(h + 2\Delta h)}{L^2 + 4f^2 - 4fh}, \quad (3.3)$$

де h – товщина балки, мм;

Δh – відстань від поверхні балки до середини чуттєвого елемента тензодавача, мм;

f – прогин балки на базі L , мм. Отриманий при навантаженні рівнозначними вантажами ступенево, кількість яких має бути не менш п'яти, а час навантаження не повинний перевищувати 2 хв. на ступінь. Температура навколишнього середовища має бути в межах $25 \pm 10^\circ\text{C}$ і не повинна змінюватися за час іспитів більш ніж на 1°C .

За отриманим значенням вихідних сигналів обчислюються для кожного ступеня середнє значення відносної лінійної деформації і відносне збільшення опору. Обчислені значення чутливості порівнюються зі значеннями, зазначеними в технічних даних для датчиків. При відсутності погрішності до 5 % виконуються подальші дослідження.

Повзучість і гістерезис – явища, зв'язані з властивостями пружного наслідку (релаксації напруг), що протікають у часі в сполучному тензодавачі при його деформації. Якщо швидко змінити деформацію балки, на яку наклеєний тензодавач, то можна помітити, що збільшення опору тензодавача, що установилося відразу після зміни деформації, буде зменшуватися в часі.

Зменшення збільшення опору наклеєного тензодавача $\left(\frac{\Delta R}{R}\right)_{\varepsilon_r}$ в порівнянні зі збільшенням опору, що установились відразу після зміни деформації балки, $\left(\frac{\Delta R}{R}\right)_{\varepsilon}$ заведено вважати характеристикою повзучості тензодавача

$$\Pi = \left(\frac{\Delta R}{R}\right)_{\varepsilon_r} - \left(\frac{\Delta R}{R}\right)_{\varepsilon}. \quad (3.4)$$

Гістерезисом заведено вважати різницю у відносних змінах опору, що спостерігаються при тому самому рівні деформації при навантаженні й розвантаженні наклеєного тензодавача. Звичайно за характеристику гістерезису тензодавача вибирають ширину петлі при $P = 0$:

$$\beta_0 = \left(\frac{\Delta R}{R_0}\right) = \varepsilon. \quad (3.5)$$

Гістерезис тензодавача визначається його повзучістю. Звичайно для визначення повзучості й гістерезису використовують ті ж установки і прилади, що і для визначення чутливості.

З інших характеристик тензодавачів варто зазначити: номінальний опір R , що задається для кожної партії; опір ізоляції R_I і температурне збільшення

опору. Температурне збільшення опору тензодавача характеризується відносною зміною опору наклеєного тензодавача при зміні його температури. Так як передбачається проводити дослідження і тарування вимірювальної системи для визначення навантажень у тяговому органі кран-балки при постійній температурі, то ця характеристика не враховується при виконанні даної роботи.

Тарування вимірювальної схеми з тензодавачами полягає у визначенні тарувального коефіцієнта, що являє собою відношення величин лінійного відхилення світлового променя («зайчика») на екрані осцилографа до величини зміни одиничного електромеханічного параметра.

Можливі два типи тарування: прямий і непрямий. Найбільш точною є пряме тарування вимірювальної схеми. Наприклад, для виміру сили, що розтягує, створюється відоме навантаження, прикладене так, як буде прикладатися невідоме навантаження під час роботи машини, і фіксуються відхилення світлового променя.

Якщо не можна зробити відоме навантаження, визначають функціональну залежність між механічною напругою, що виникає в деталі машини, і зовнішнім навантаженням. Тарування схеми полягає у визначенні значень вихідного струму при відповідних значеннях механічних напруг [4].

Деякі тензометричні підсилювачі мають спеціальні тарувальні пристрої, виконані за принципом балки чистого вигину.

Тарувальний пристрій складається з балки прямокутного перетину $R \times t$ на двох опорах, балка навантажується симетричними силами (або одною силою, прикладеною в центрі) [5]. Між опорами балка піддається чистому вигинові і, отже, має постійну відносну деформацію поверхневих шарів, що дозволяє наклеювати датчики в будь-якому місці за всією довжиною.

Механічні напруги на поверхні чистого вигину можна визначити за формулою

$$\sigma = E \cdot \varepsilon, \quad (3.6)$$

де E – модуль пружності сталі (Сталь 45), МПа;

ε – відносне подовження поверхні балки.

Використовуючи вираження (3.6), одержимо залежність для визначення тарувального коефіцієнта K_m вимірювальної системи

$$K'_m = \frac{\sigma_i}{l_i}, \quad (3.7)$$

де l_i – відхилення світлового променя, мм;

σ_i – напруга в чуттєвому елементі, МПа.

Знаючи розміри чуттєвого елемента, можна визначити зусилля P_i , що діють на нього, і тяговий орган кран-балки:

$$P_i = \sigma_i \cdot a \cdot b, \quad (3.8)$$

де a і b – товщина і ширина пластини, мм.

Тарування роблять за схемою. Гак установлюється на визначеній висоті H і потім робиться запис на осцилограф нульової лінії, тобто запис при відсутності навантаження в канатах. Потім навантаження ступенево збільшують до деякої величини, бажано до номінальної вантажопідйомності лебідки, і на кожному ступені виробляється запис на осцилограф. Далі навантаження ступенево знімається до нуля з реєстрацією на осцилограф кожного ступеня. Тарувальний коефіцієнт визначається за залежністю

$$K_m = \frac{P_i}{l_i}, \quad (3.9)$$

де P_i – навантаження на гаку, Н;

l_i – відхилення світлового променя, мм.

3.2 Лабораторне обладнання

- 1 Лабораторна установка.
- 2 Установка дослідження ділянки чистого вигину.
- 3 Тензопідсилювач.
- 4 Блок живлення.
- 5 Осцилограф.

3.3 Порядок проведення роботи

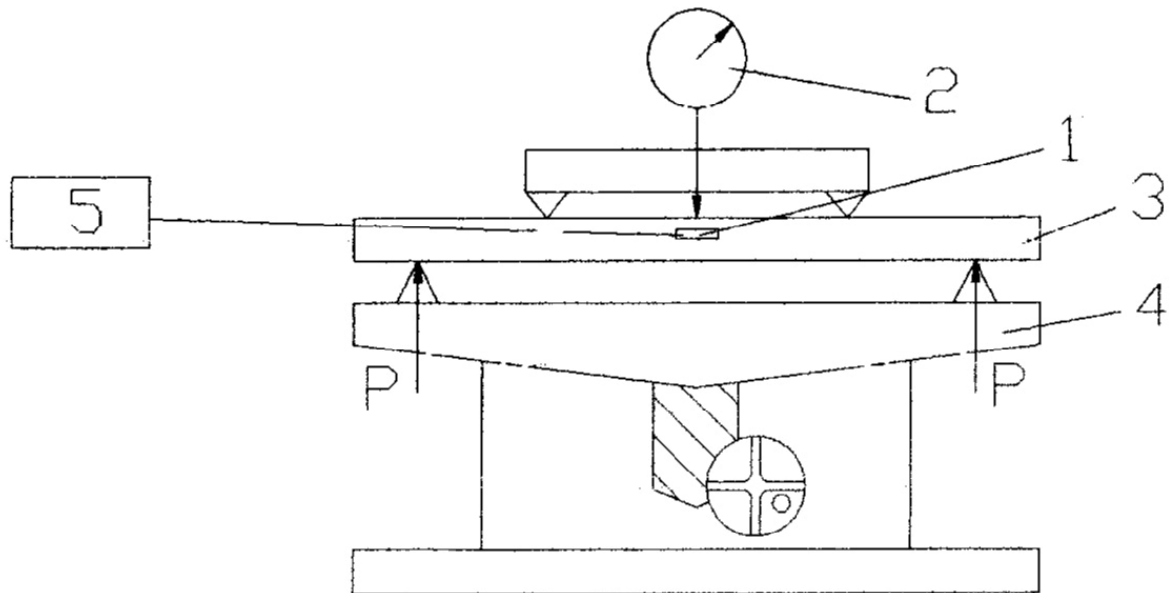
1 Зробити визначення характеристик тензодавачів за методикою, викладеною в розділах 3.1 і 3.2. Дані для реєстрації параметрів процесу занести до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати визначення характеристик тензодавачів

Номер ступеня деформації	1	2	3	4	5	Середнє значення параметра
Обумовлені параметри						
Прогин f , мм						
Відносна деформація ϵ						
Відносне збільшення опору $\left(\frac{\Delta R}{R}\right)$						
Чутливість S						
Повзучість Π						
Гістерезис β_0						

- 2 робити тарування вимірювальних схем двома способами.
- 3 Здійснити тарування вимірювальної схеми з тензодавачами на балці з ділянкою чистого вигину, для чого здійснити навантаження балки не менш трьох разів.

Дослід виконується за допомогою спеціальної установки, зображеної на рисунку 3.1.



1-тензодавач; 2- показчик годинникового типу; 3-балка;
4- платформа, що піднімається; 5- осцилограф
Рисунок 3.1 - Установка дослідження ділянки чистого вигину

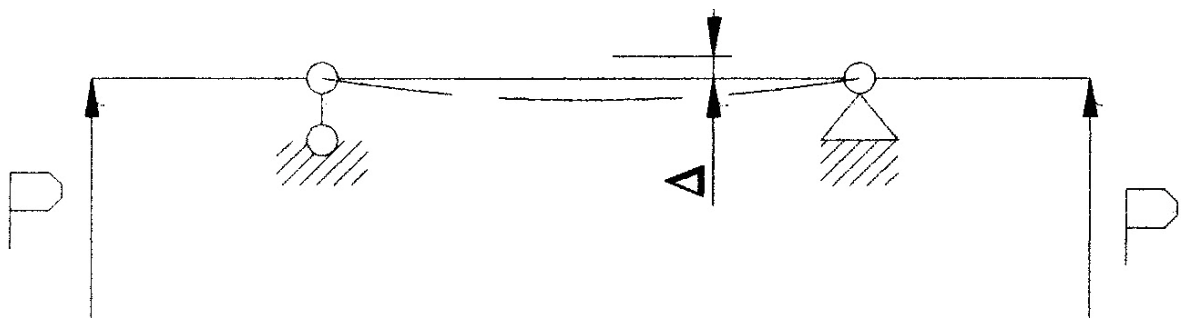


Рисунок 3.2 - Схема навантаження для дослідження ділянки чистого вигину

- 4 Занести результати тарування з фіксацією всіх необхідних параметрів до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати тарування вимірювальної схеми на балці чистого вигину

Номер досліджу	Прогин f , мм	Відносна деформація ε	Напруження σ , мПа	Відхилення променя на осцилографі l , мм			
				1-й ступінь	2-й ступінь	3-й ступінь	Середнє значення
1							
2							
3							

Побудувати тарувальні графіки залежностей

$$l_n = f[\sigma]_n, \quad l_n = f(P).$$

5 Здійснити тарування вимірювальної схеми з тензодавачами на балці з ділянкою чистого вигину, для чого здійснити навантаження балки не менш трьох разів.

6 Зробити безпосереднє тарування тензометричної пластини на стенді за допомогою динамометра або мірних вантажів. Дані тарування занести до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати безпосереднього тарування

Номер досліджу	Маса вантажу, кг	Розтягаюче зусилля, кН	Відхилення променя на екрані осцилографа, мм			
			1	2	3	Середнє значення
1						
2						
3						

Побудувати тарувальний графік

$$l_n = f(P).$$

6 Зробити реєстрацію силових параметрів у тяговому органі кран-балки, що виникають при підйомі та опусканні вантажу. З цією метою до тензометричної ланки підвішується вантаж, бажано номінальний. Гак установлюється на такій же висоті H , на який здійснювалося тарування датчиків. Включається осцилограф на запис і після деякої витримки часу, необхідної для запису нульової лінії, здійснюється пуск механізму на підйом вантажу. Вантаж піднімається на висоту не більш 1 м. Після зупинки вантажу через 5...10 запис на осцилограф припиняється. Потім вантаж опускається до моменту ослаблення вантажних канатів. Включається осцилограф на запис нульової лінії.

7 Скласти звіт про виконану роботу.

3.4 Зміст звіту

- 1 Короткі теоретичні відомості про досліджувані методи тарування.
- 2 Таблиці та рисунки, необхідні для виконання тарування вимірювальних схем.
- 3 Графіки тарувальних коефіцієнтів і залежностей.
- 4 Схема й опис експерименту за виміром динамічних навантажень у тяговому елементі кран-балки.
- 5 Перелік устаткування, на якому мали місце експериментальні дослідження, із указівкою типу приладів, датчиків і основних їхніх параметрів.

3.5 Питання для контролю

- 1 Як визначаються характеристики тензодавачів?
- 2 Які прилади входять у вимірювальні системи для визначення характеристик тензодавачів?
- 3 Складіть вимірювальну схему для визначення навантажень на тяговий орган кран-балки.
- 4 Основні типи тарування вимірювальних систем з тензодавачами.
- 5 Що являє собою тарувальний коефіцієнт? Як його визначити?

Лабораторна робота 4

Визначення динамічних зусиль у тяговому канаті драглайна

Мета роботи: ознайомлення з методикою експериментальних досліджень щодо визначення динамічних зусиль у тяговому канаті драглайна; визначення впливу різних конструкцій ковша драглайна, а також способу руйнування ґрунтів на кількісні дані про питомі енергетичні витрати на зачерпування ґрунту.

4.1 Загальні вказівки

Робочий процес одноківшевого екскаватора в загальному випадку складається з наступних операцій [7, 8]:

- 1) відділення ґрунту (породи) від масиву;
- 2) захоплення визначеної частини ґрунту робочим органом;
- 3) перенос захопленої частини ґрунту до місця розвантаження;
- 4) передача ґрунту в спеціальні зовнішні транспортні засоби або відвал.

Найбільш складним є процес заповнення ковша ґрунтом. Уміння правильно визначити навантаження, що діють на робочий орган ковша, дозволяє призначити оптимальні параметри як робочого і силового устаткування, так і всього екскаватора в цілому.

До основних факторів, що впливають на процес копання ґрунтів, відносять:

- 1) властивості ґрунтів (міцність, зв'язаність, гранулометричний склад, розпушуваність, коефіцієнти внутрішнього і зовнішнього тертя й ін.);
- 2) форму і розміри ковша, його власну масу, геометрію зубів або різальної кромки;
- 3) траєкторію руху ковша;
- 4) товщину зрізаємої стружки;
- 5) тип руйнування ґрунту (статичний або динамічний).

Принцип дії екскаватора драглайна вивчається на прикладі роботи його моделі, що складається з платформи, на якій встановлена стріла та два механізми - тяги й підйому ковша. Процес копання ґрунту ковшем драглайна полягає в пересуванні ковша по підшві забою із допомогою тягових канатів. При такому русі ківш, під дією власної ваги, заглиблюється різальною кромкою у ґрунт, і таким чином проходить процес руйнування ґрунту та наповнення ковша. Наповнений ківш піднімається на необхідну висоту за допомогою канатів механізму підйому, а потім робиться поворот екскаватора до місця розвантаження.

Схема сил, що діють при копанні ґрунту ковшем драглайна, подана на рисунку 4.1.

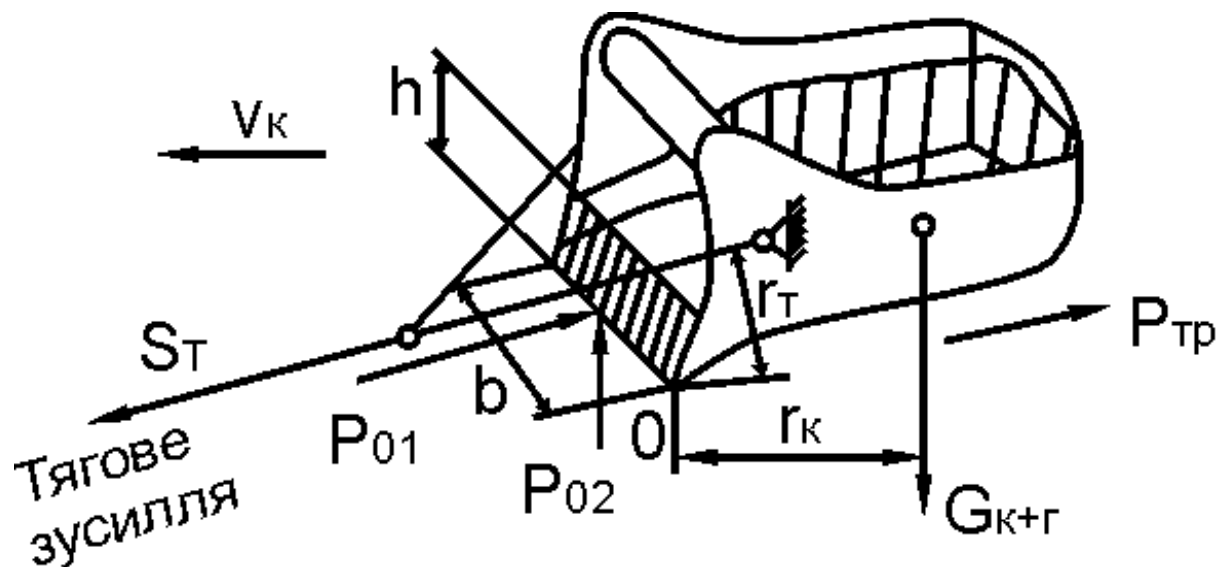


Рисунок 4.1- Схема зусиль, що діють на ківш драглайна при копанні

Загальне рівняння зусиль при русі ковша

$$S_m \geq P_{kop} = P_{01} + P_{tr} + P_{n.v}, \quad (4.1)$$

де S_m - зусилля в тяговому канаті, Н;

P_{kop} - сумарний опір копанню ґрунту ковшем драглайна, Н;

P_{0l} - дотична складових сил різання, Н;

P_{mp} - опір тертя ковша об ґрунт, Н;

$P_{n.г}$ - опір переміщенню призми волочіння перед ковшем і заповненню ковша, Н.

Дотична складових сил різання

$$P_{0l} = k_F b h, \quad (4.2)$$

де b і h - параметри стружки (див. рисунок 2.1), м.

$$P_{mp} = G_{к+г} \mu_1, \quad (4.3)$$

де $G_{к+г}$ - вага ковша з ґрунтом, Н;

μ_1 - коефіцієнт тертя між ковшем і ґрунтом.

$$P_{n.г} = E k_n \mu_2 \rho g, \quad (4.4)$$

де E - місткість ковша, м³;

k_n - коефіцієнт наповнення ковша;

μ_2 - коефіцієнт внутрішнього тертя ґрунту;

ρ - щільність ґрунту в ковші, кг/м³;

g - прискорення вільного падіння, м/с².

При горизонтальному русі ковша граничне значення зусилля в тягових канатах

$$S_m \cong P_0 \geq \left(\frac{r_k}{r_m} - \mu_1 \right), \quad (4.5)$$

де r_k , r_m - геометричні параметри, що залежать від конструкції ковша r_k і місця кріплення тягових канатів до ковша r_m (див. рис. 4.1).

Змінюючи точку кріплення тягових канатів до ковша, можна домогтися поліпшення умов роботи ковша (збільшити наповнення ковша). У стандартних ковшів $r_k / r_m \approx 2$. У легких породах збільшення дозволяє прискорити заглиблення ковша, а для важких порід, зменшуючи r_m , можна знизити навантаження в тягових канатах.

На величину сил різання істотний вплив робить і форма різальної кромки ковша. Вплив геометрії різальної кромки і параметрів процесу копання ґрунтів на величину зусиль у тягових канатах можна визначити експериментальним шляхом.

Для зменшення загальних опорів заглибленню ковша в породу вважається доцільним виключати з участі в різанні бічні стінки ковша, а кріплення зубів на різальній кромці, дозволяє збільшити питоме навантаження на породу в 2...2,5 рази, що полегшує процес руйнування міцних ґрунтів.

Напівкругла форма різальної кромки ковша, висунута вперед і нахилена під кутом 12...15°, із плавним переходом без звуження поперечного переріза ковша сприяє швидкому заглибленню в ґрунт і вільне переміщення ґрунту робочою поверхнею. При сприятливих умовах застосування форми різальної кромки без зубів зменшує питомий опір копанню на 20...25%.

Застосування напівкруглих різальних кромок без зубів утруднено при проведенні робіт із планування ґрунту, а також при роботі у твердих (міцних) ґрунтах через підвищений їхній знос і складність відновлення при ремонті.

У даній роботі пропонується експериментально порівняти ефективність застосування моделей ковшів драглайнів із прямою різучою крайкою із зубцями та напівкруглою формою.

Експериментальні дослідження проводяться на лабораторній установці, схему якої подано на рисунку 4.2.

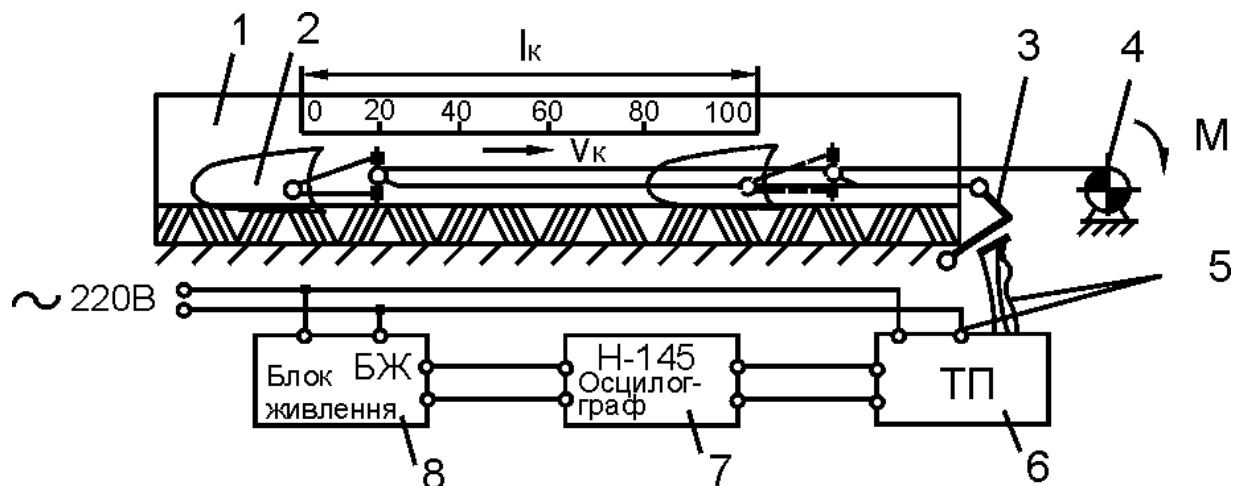


Рисунок 4.2 - Схема лабораторної установки

При включенні двигуна приводного барабана 4 ківш 2 зміщується по жолобу 1 вправо на довжину $l=100$ см, одночасно поглиблюючись в ґрунт; при цьому змінюється від 0 до P_{01max} тягове зусилля на блоці ковша S_m , величина якого фіксується за допомогою пружного елемента 3 і тензодатчиків, з'єднаних проводами 5 із підсилювачем 6 та осцилографом 7. Маса зачерпнутого ґрунту зважується на вагах. Для вірогідності експериментальні дослідження повторюються 3 рази. Зусилля в тягових канатах реєструється за допомогою осцилографа Н-145.

У результаті проведених експериментів з ковшами, що мають пряму різальну кромку із зубцями та напівкруглою різальною кромкою, отримуються осцилограми (рис. 4.3, а), що оброблюються методом ординат.

Для одержання фактичних значень зусиль у тяговому канаті проводиться пряме тарування тензоелемента (рис. 4,3, б), що дозволяє одержати значення коефіцієнтів тарування.

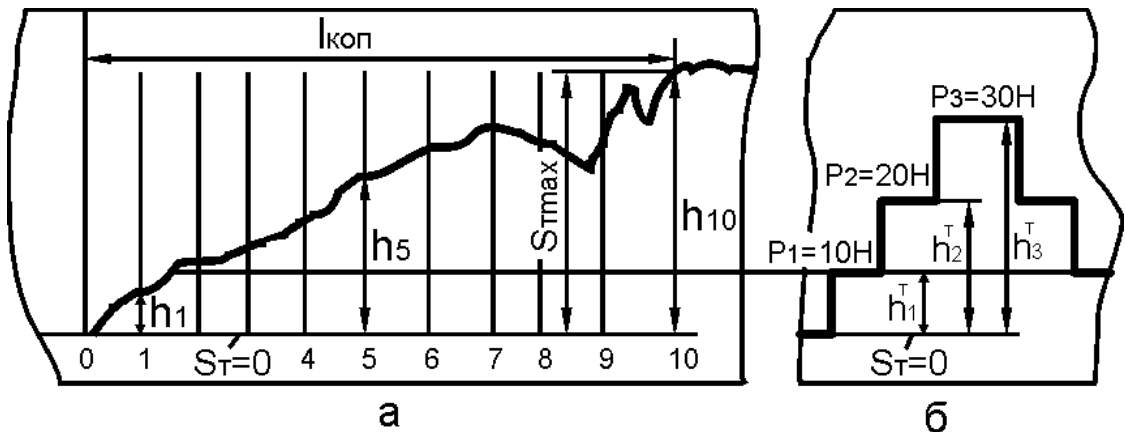


Рисунок 4.3 - Осцилограма зусиль у тяговому ковші (а), і графік тарування (б) тензоелемента, отримані в процесі експерименту

За графіком визначаємо коефіцієнт тарування k_m (рис. 4.3, б)

$$k_{m(1)} = \frac{P_1}{h_1^m}.$$

Середнє значення коефіцієнта тарування визначається за трьома значеннями k_m

$$k_{m(cp)} = \frac{k_{m(1)} + k_{m(2)} + k_{m(3)}}{3}.$$

Зусилля в тяговому канаті, наприклад, у точці 5

$$S_{m(5)} = k_{m(cp)} h_5,$$

де h_5 - ордината зусиль за осцилограмою, мм (див. рис. 4,3, а).

Робота з зачерпування ґрунту A на ділянці довжиною l

$$A_m = \sum_{i=1}^n P_{kop} l. \quad (4.6)$$

Питомі енергетичні витрати $A_{y\delta}$ визначаються відношенням роботи з зачерпування ґрунту до маси ґрунту, що знаходиться у ковші

$$A_{y\delta} = \frac{A_m}{m_{cp}},$$

де m_{sp} - маса ґрунту в ковші, кг.

У процесі експериментальних досліджень проводиться заміна різальної кромки ковшів, і при необхідності (при малій заповнюваності ковша) виробляється зміна точки кріплення тягового каната на ковші.

Одним з основних факторів, що суттєво впливає на процес копання є тип руйнування ґрунтів [9]. Описані вище досліди являють собою дослідження статичного руйнування ґрунту. Для дослідження динамічного руйнування ґрунту до складу лабораторної установки додатково надається привід на основі хвильового ланцюгового редуктора (див. рис. 4.4).

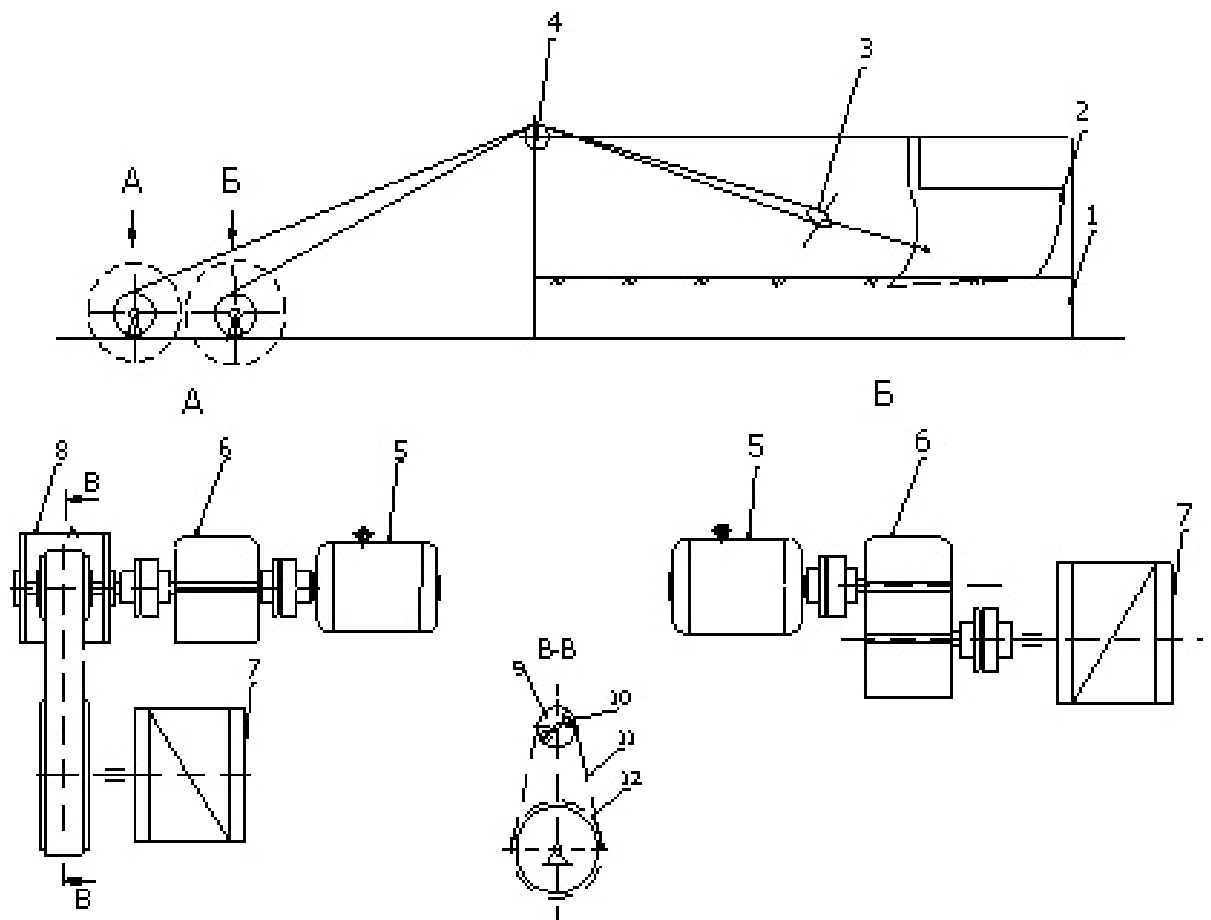


Рисунок 4.4 - Схема лабораторної установки для дослідження динамічного типу руйнування ґрунту з ланцюговим хвильовим приводом

У ґрунтовому каналі 1 ківш отримує переміщення за допомогою тягових канатів крізь блоки 3 та 4 від двох лебідок: а – з ланцюговим хвильовим приводом та б – з класичним приводом. Привід «а» складається з двигуна 5, циліндричного редуктора 6, від якого крізь муфту обертальний момент передається на хвильовий ланцюговий редуктор 8, а потім на барабан 7. Хвильовий ланцюговий редуктор забезпечує дискретність руху барабана 7 за допомогою нерухої зірочки 9, водила з катками 10, ланцюга 11 та рухомої зірочки 12. Таким чином ківш отримує переміщення від двох

барабанів одразу, один з яких надає пульсаційності руху, забезпечуючи додатковий вплив на розробляємий ґрунт, зменшуючи сили необхідні на подолання опору ґрунту, а також енергоємність процесу.

Дослід проводиться у тій же послідовності, що й для статичного руйнування, яке описана вище. Результати порівнюються, робляться висновки.

4.2 Лабораторне обладнання

- 1 Лабораторна установка.
- 2 Ківш драглайна зі змінними елементами:
 - 2.1 із зубцями;
 - 2.2 із беззубцевою різальною кромкою.
- 3 Тензопідсилювач ТА-5.
- 4 Блок живлення П1001.
- 5 Осцилограф Н-145.
- 6 Сполучні проводи.
- 7 Терези $m = 10$ кг.
- 8 Лінійка, ключ $S = 10$ мм, викрутка і совок.

4.3 Порядок проведення роботи

- 1 Ознайомитися з методикою експериментальних досліджень.
- 2 Зібрати схему і прогріти тензометричну апаратуру.
- 3 Зробити тарування пружного елемента, навантажуючи підвіску гирями $m = 5$ кг.
- 4 Прикріпити до ковша крайку із зубцями.
- 5 Установити ківш без ґрунту у вихідне положення.
- 6 На екрані осцилографа установити промінь у вихідне положення.
- 7 Включити двигун приводного барабана і простежити за положенням променя на екрані осцилографа, поки ківш зміститься вправо на довжину $l = 100$ см, а потім вимкнути двигун.
- 8 Розрівняти ґрунт у жолобі й установити ківш у вихідне положення.
- 9 Зробити запис зміни величини P_{01} .
- 10 Зважити і записати масу ґрунту, зачерпнутого ковшем на довжині $l = 100$ см.
- 11 Повторити виконання пп. 8...10 по 3 рази.
- 12 Прикріпити до ковша різальну кромку без зубів і повторити пп. 1...5.
- 13 Виявити фотопапір.
- 15 Встановити додатковий привід на основі хвильового ланцюгового редуктора. Повторити пп. 5...10 по 3 рази.

14 Зробити обробку осцилограм і визначити роботу зачерпування ґрунту за формулою (4.5). Розбивку й обробку осцилограм необхідно робити не менш чим по 10 контрольних точках.

15 Визначити питомі енергетичні витрати за формулою (4.6) і дати порівняльний аналіз для ковшів із зубцями і без них, а також при розробці ґрунта класичним приводом та приводом на основі хвильового ланцюгового редуктора.

4.4 Зміст звіту

- 1 Короткий опис методики визначення опорів ґрунтів копанню.
- 2 Схему установки для визначення опору ґрунтів копанню ковшем драглайна статичного та динамічного руйнування.
- 3 Обробку і результати експериментальних досліджень.
- 4 Висновки з роботи.

4.5 Питання для контролю

- 1 Наведіть формулу для визначення зусилля різання ґрунту ковшем драглайна.
- 2 Перелічіть складові опори ґрунтів копання ковшем драглайна.
- 3 Як визначити динамічні зусилля, що виникають при копанні ґрунту?
- 4 Що являють собою питомі енергетичні показники процесу копання ґрунту?
- 5 Яким способом визначається експериментальне значення зусилля стиску на моделі?
- 6 Яким чином впливає динамічність типу руйнування ґрунту на питомі показники енергоємності процесу різання? Про що свідчать результати дослідів?
- 7 Наведіть залежності для визначення питомих показників енергоємності процесу різання ґрунтів.

Література

- 1 Справочник по кранам: В 2т. /Под ред. М.М.Гохберга. - М.; Л.: Машиностроение, 1988. - Т.1. - 536с.; Т.2. - 559с.
- 2 Строительные башенные краны/ Г.А.Невзоров, Г.Н.Пазельский, В.А.Романюха. - М.: Высш. школа, 1986. - 176с.
- 3 Системы автоматизированного проектирования: В 9-ти кн. Математические методы технических объектов: Учебное пособие для вузов/ В.А.Трудоношин, Н.В. Пивоваров; Под ред. И.П. Норенкова. - М.: Высшая школа, 1986. Кн. 4. - 160с.
- 4 Калинин В.С. Подъемные электромагниты/ Фейлер Г.О. - М.: Металлургиздат, 1962. – 208с.
- 5 Численные методы в инженерных исследованиях /В.Е. Краскевич, К.Х. Зеленский, В.И. Гречко. - Киев: Вища школа, 1986. - 263 с.
- 6 Крипецкий И.И. Основы научных исследований. – Киев; Одесса: Вища шк., 1981. – 208 с.
- 7 Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. – М.: Машиностроение, 1971. – 360с.
- 8 Панкратов С.А. Динамика машин для открытых горных и землеройных работ. – М.: Машиностроение, 1967. – 448с.
- 9 Баладинский В.Л. Механика динамического разрушения грунтов/ Баладинский В.Л., Абрашкевич Ю.Д. – К.: Техника строительства, 1999. – 160с.